

# РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЙМОВІРНІСНИХ МОДЕЛЕЙ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ІНФОРМАЦІЙНО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

*Литвинов А.Л., Харківський національний університет міського  
господарства імені О. М. Бекетова*

Програмне забезпечення інформаційно-управляючих систем (ІУС) забезпечує розв'язання у реальному масштабі часу широкого кола задач управління окремими підсистемами ІУС, які характеризуються частотою, тривалістю роботи, пріоритетом, об'ємом даних, що вводяться і виводяться. Запуск тих чи інших задач здійснюється системою диспетчеризації ІУС по командам, які періодично готує планувальник з урахуванням функціонування ІУС.

Простою формою планування задач, що розв'язуються у реальному масштабі часу, є синхронна, коли, інтервали часу між послідовними запусками однієї і тієї ж задачі кратні одному якому-небудь кванту часу. Гнучкість і ефективність такої системи планування значно підвищується із введенням пріоритетів, а також завдяки можливості вирішувати фонові задачі, коли обчислювальний комплекс ІУС є вільним від розв'язання задач реального масштабу часу. У якості критерію ефективності функціонування системи диспетчеризації можуть служити різні характеристики затримки часу запуску окремих задач щодо запланованих моментів: середній час, ймовірність того, що час затримки перевищить якусь фіксовану величину і т.д. Знання цих характеристик можна використовувати при синтезі системи планування програмного забезпечення ІУС.

Нехай весь інтервал часу за допомогою таймера розбивається на окремі інтервали  $\Delta$ . Для кожного інтервалу планується виконання певної кількості високопріоритетних і низькопріоритетних задач відповідно до ходу роботи ІУС. Дозволене переривання низькопріоритетних задач реального часу.

Перервані низькопріоритетні задачі закінчують обслуговування після обробки високопріоритетних задач. Якщо низькопріоритетна задача перервана в  $i$ -му інтервалі, то її продовження додають до задач в  $(i + 1)$ -му інтервалі часу. Виконання кожної задачі планується з певним періодом  $T_i$ . Можна виділити головний цикл обчислень  $T$ , що є найменшим спільним кратним  $T_i, i = 1, 2, \dots, N$ , де  $N$  - загальне число поодиноких задач, що вирішуються за допомогою програмного забезпечення ІУС. У загальному випадку час виконання кожної задачі може бути випадковим, у зв'язку з цим важливо знати тимчасові затримки при їх розв'язанні. Особливо це стосується низькопріоритетних задач, початок виконання яких може зсуватися високопріоритетними задачами.

Для розгляду процесу розв'язання високопріоритетних задач приймемо наступне. Нехай  $\xi_{ij}$  - час виконання задачі  $i$ -го пріоритету в  $j$ -му інтервалі часу. Припустимо, що  $\Phi_j = \sum_{i \in I_j} \xi_{ij}, i = 1, 2, \dots, n, n + 1, n + 2$ , є часом розв'язання високопріоритетних задач у  $j$ -му інтервалі часу, де  $I_j$  - заплановані задачі на  $j$ -й інтервал, а  $n = T_h / \Delta$ , де  $T_h$  - основний цикл виконання високопріоритетних задач.

Нехай  $\varphi_j$  - середній час розв'язання пріоритетних задач в  $j$ -му інтервалі. Сумарний потік обслуговування в кожному інтервалі формується як сума декількох потоків обслуговування по кожній задачі і його можна прийняти найпростішим з параметром  $\mu_j = 1/\varphi_j$ . Загальну функцію розподілу часу обслуговування запишемо як суперпозицію потоків обслуговування по кожному інтервалу -

$B(t) = 1 - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n e^{-\mu_j t}$ , тобто вона описується гіперекспоненціальним розподілом.

Вхідний потік для такої системи є регулярною, але його можна апроксимувати ерланговським в тому випадку, якщо коефіцієнт варіації прагне до нуля. Таким чином всю систему можна звести до однолінійної системи масового обслуговування (СМО) виду E/H/1, яка досліджена в роботі [1]. Середній час затримки при обслуговуванні має вигляд

$$\bar{t}_d = \sum_{i=1}^m \left[ \frac{1}{\lambda(z_i - 1)} - \frac{1}{\mu_i} \right]. \quad (1)$$

Ймовірність того, що час розв'язання високопріоритетних задач перевищить інтервал часу  $\Delta$ , визначається законом розподілу

$$F(\Delta) = P\{\xi > \Delta\} = 1 - B(\Delta). \quad (2)$$

Умови реального часу чинять сильніший вплив на виконання низькопріоритетних задач, для яких допускається переривання обслуговування. Нехай  $i$  - пріоритетний рівень аналізованої низькопріоритетної задачі, а  $T_i = N_i \Delta$  - її період виконання. Позначимо через  $u_j$  час, необхідний для розв'язання цієї задачі в  $j$ -му інтервалі, а через  $\omega_j$  - сумарний час розв'язання усіх високопріоритетних задач в цьому інтервалі включаючи і час для закінчення обслуговування задач з  $(j - 1)$  -го інтервалу. Тоді час, що залишається в  $j$  -му періоді  $T_i$  для виконання розглянутої задачі визначиться виразом  $v_j^i = \max\{0, T_i - \omega_j\}$ , причому  $v_j^i$  є випадковою величиною. Вона може бути як більше, так і менше часу, необхідного для розв'язання задачі  $u_j$ . Таким чином, взаємозв'язок між цими випадковими величинами подібна процесу обслуговування запитів в однолінійної СМО типу G/G/1, причому послідовність величин  $v_j^i$  описує вхідний потік запитів, а  $u_j$  час обслуговування. Апроксимую вхідний потік і потік обслуговування розподілами, що відносяться до сімейства загальних розподілів Ерланга, можна отримати вичерпні характеристики виконання низькопріоритетних задач у реальному масштабі часу.

## Література

1. Попов В.А., Литвинов М.Л., Литвинов А.Л. Анализ системы массового обслуживания с эрланговским входным потоком и гиперэкспоненциальным распределением времени обслуживания // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики: Сб. науч. ст. Харьков, 1975. Вып. 30. с. 33-43.